



FACULTAD DE INGENIERÍA Y COMPUTACIÓN

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE
EN ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXION EN
UNA EDIFICACIÓN DE CARÁCTER
EDUCATIVO CONSIDERANDO CONCRETO NO
CONFINADO**

Presentado por el Egresado:

YIMY ANDRÉ CARPIO SALAZAR

Para optar por el grado académico de Bachiller en:

INGENIERÍA CIVIL

Asesor: PhD. ENRIQUE GERARDO SIMBORT ZEBALLOS

Arequipa, Septiembre del 2019

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Yimy y Meldy por cada esfuerzo y sacrificio que asumieron para darnos una profesión a mis tres hermanos y a mí.

A mi abuela Elena, a quien estaré eternamente agradecido, por cuidar de mí desde que nací hasta que su salud lo permitió y aun en la enfermedad enseñarme a ser una mejor persona.

A mis hermanos: Michel, quien muchas veces fue como mi padre, a Jeomar , quien me motivo a tomar un libro para aprender, y a quien siempre le agradeceré ello y Juan, por no ser solo mi hermano, sino mi mejor amigo y confidente.

Al Doctor Enrique Simbort y su esposa Violetta Moreno, a quien no solo considero mi mentores, si no mis padres en la universidad, gracias por el apoyo constante y el seguimiento que me dan día a día, no solo para mi formación profesional sino personal.

A mis amigos, Jorge Yato, Gerald Dueñas, Roberto Rubin de Celis, Fabricio Mujica y Flavio Saavedra, quienes durante todo el pregrado me apoyaron en cada curso y me inspiraron a hacer las cosas siempre de una manera mejor.

A Gabriela Velásquez, por todo el apoyo y soporte emocional.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación es dedicado a mi familia, principalmente a mi abuela Elena, que dedico parte de su vida a tomar cuidado de la mía. Por cada momento en el cual compartimos momentos felices y aun ahora que luchamos por tener más momentos juntos; el logro de encaminarme a una vida profesional es gran parte gracias a ti “mamá elena”.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo fundamental analizar los elementos sometidos a flexión de una estructura de carácter educativo, siendo el pabellón María Nieves y Bustamante de la Universidad Católica San Pablo, la estructura en estudio.

Para conocer el desempeño de una sección sometida a flexión de concreto reforzado, considerando el concreto no confinado, se utilizó el método momento-curvatura, el cual nos permite conocer el momento necesario para el cual la cara inferior del elemento se agrieta, su acero inferior entra en un intervalo de fluencia y finalmente para el aplastamiento del concreto y la falla de la sección.

Para lograr los objetivos se realizó inicialmente un estudio de la estructura, a fin de conocer la ubicación y geometría de cada elementos y sus respectivas distribuciones por planta; posteriormente, con los datos ya mencionados, se realizó un modelo matemático en el programa ETABS, el cual no permitió conocer los principales modos de vibración de la estructura y conocer así mismo la ubicación de las concentraciones de esfuerzos. Así mismo conociendo ya los parámetros mencionados, se procedió a realizar el análisis por desempeño de cada elemento, considerando la cuantía real, y la inversión de momentos es decir, evaluar si el acero ubicado en la zona superior del elemento es capaz de asumir esfuerzos similares o mínimos según la normativa de diseño vigente.

Además, considerando los datos obtenidos, curvaturas y momentos de desempeño, se obtuvo el valor de ductilidad de cada sección sometida a flexión, el cual puede ser utilizado como un parámetro de daño para cualquier tipo de análisis.

Palabras clave: Ductilidad, Momento – curvatura, flexión, desempeño, momento de agrietamiento, momento de fluencia, momento último.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to analyze the elements subjected to bending of an educational structure, with the María Nieves and Bustamante pavilion of the San Pablo Catholic University, the structure under study.

To know the performance of a section subjected to reinforced concrete bending, considering the unconfined concrete, the moment-curvature method was used, which allows us to know the necessary moment for which the lower face of the element cracks, its lower steel it enters a creep interval and finally for the crushing of the concrete and the failure of the section.

To achieve the objectives, a study of the structure was initially carried out, in order to know the location and geometry of each element and their respective distributions per plant; subsequently, with the aforementioned data, a mathematical model was made in the ETABS program, which did not allow to know the main modes of vibration of the structure and also to know the location of stress concentrations. Likewise, already knowing the mentioned parameters, the performance analysis of each element was carried out, considering the actual amount, and the investment of moments, that is, assessing whether the steel located in the upper area of the element is capable of assuming similar efforts. or minimum according to current design regulations.

In addition, considering the data obtained, curvatures and performance moments, the ductility value of each section subjected to bending was obtained, which can be used as a damage parameter for any type of analysis.

Keywords: Ductility, Moment - curvature, flexion, performance, cracking moment, creep moment, last moment.

INDICE

| | |
|---|----|
| AGRADECIMIENTOS | 1 |
| RESUMEN | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| LISTA DE FIGURAS | 6 |
| LISTA DE TABLAS | 7 |
| 1. ANTECEDENTES | 8 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 8 |
| 1.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN | 9 |
| 1.3. OBJETIVOS | 9 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 9 |
| 1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO | 9 |
| 2. ESTADO DEL ARTE | 10 |
| 2.1. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES | 10 |
| 2.2. ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 13 |
| 2.3. INCREMENTAL DYNAMIC ANALYSIS (IDA) | 16 |
| 3. MODELAMIENTO Y ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE: PABELLON MARIA NIEVES BUSTAMANTE – UNIVERSIDAD CATOLICA SAN PABLO | 18 |
| 3.1. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO | 18 |
| 3.2. TOMA DE DATOS Y ANALISIS DE LOS ARMADO DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXION DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO | 23 |
| 4. ANALISIS DE LAS CAPACIDADAS PORTANTES DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN: PABELLON MARIA NIEVES BUSTAMANTE – UNIVERSIDAD CATOLICA SAN PABLO | 33 |
| 4.1. ANALISIS DE LA DUCTILIDAD DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN | 33 |
| 4.2. MOMENTOS DE AGRIETAMIENTO, FLUENCIA Y FALLA DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN | 46 |
| 5. CONCLUSIONES | 52 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 53 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Cartilla de evaluación para estructuras después de un evento sísmico (Katsuta, 2009)..... | 15 |
| Figura 2: Plano estructural y detalles de la planta baja del pabellón María Nieves Bustamante de la Universidad Católica San Pablo..... | 19 |
| Figura 3: Especificaciones Técnicas de la estructura en evaluación..... | 19 |
| Figura 4: Definición de las secciones típicas en el Software ETABS..... | 20 |
| Figura 5: Modo de vibración 1 de la estructura..... | 21 |
| Figura 6: Modo de vibración 2 de la estructura..... | 22 |
| Figura 7: Modo de vibración 6 de la estructura..... | 22 |
| Figura 8: Desempeño de la capacidad portante de la viga V301/tramo 1 | 43 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Comparativo entre los factores de Uso de las normativas E030 del 2006 y 2018(Ministerio de Vivienda, 2006, 2018) | 12 |
| Tabla 2: Modos de vibración obtenidos del modelo realizado de la estructura. | 21 |
| Tabla 3: Caracterización de los modos de vibración obtenidos del modelamiento estructural. | 23 |
| Tabla 4: Armado de acero Superior e inferior de la planta baja..... | 24 |
| Tabla 5: Verificación si el acero superior e inferior de la planta baja cumplen con el armado mínimo propuesto según norma..... | 25 |
| Tabla 6: Armado de acero Superior e inferior del primer nivel. | 26 |
| Tabla 7: Verificación si el acero superior e inferior del primer nivel cumplen con el armado mínimo propuesto según norma..... | 27 |
| Tabla 8: Armado de acero Superior e inferior del segundo nivel. | 28 |
| Tabla 9: Verificación si el acero superior e inferior del segundo nivel cumplen con el armado mínimo propuesto según norma..... | 29 |
| Tabla 10: Armado de acero Superior e inferior del tercer nivel. | 30 |
| Tabla 11: Verificación si el acero superior e inferior del tercer nivel cumplen con el armado mínimo propuesto según norma..... | 31 |
| Tabla 12: Ductilidades de los elementos sometidos a flexión en la estructura en estudio..... | 44 |
| Tabla 13: Momentos de Agrietamiento en la estructura en estudio. | 46 |
| Tabla 14: Momentos de Fluencia en la estructura en estudio. | 48 |
| Tabla 15: Momentos de Falla en la estructura en estudio. | 50 |

1. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El peligro sísmico es una característica constante y presente en todas las estructuras o edificaciones del Perú, producto de su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Los últimos grandes acontecimientos sísmicos en Perú (Ocoña 2001; Pisco 2007; Caylloma 2016; Atico 2017), han dejado pérdidas a nivel humano y estructural, lo cual es un indicador que la metodologías actuales; si bien son conservadoras y contemplan el daño estructural como forma de disipación de energía, exponen muchas veces a las personas al colapso de las estructuras; es por ello que nuevos métodos desarrollados a nivel mundial, se presentan como soluciones seguras y confiables, que reducirán el impacto sísmico a la sociedad.

Por otro lado, referido a los daños estructurales no se puede solo imputar ello, a la baja calidad constructiva en nuestro país (aunque también es un factor predominante), sino también a la antigüedad de las edificaciones, su construcción bajo parámetros de antiguas versiones del reglamento nacional de edificaciones y prácticas constructivas empíricas, dichos factores han permitido en muchos casos que las estructuras soporten eventos sísmicos (esto debido a que los esfuerzos a los que es sometida la estructura son atendidos en su totalidad por los elementos estructurales, y debido a la gran variación entre el rango en el que las cargas sísmicas son aplicados a la estructura, muchas veces estos resultan dañados, comprometiendo la integridad del edificio.

A nivel estructural, económico y funcional, esto podría ser mejorado a través de nuevas metodologías (Forni et al., 1999), es por ello que el aislamiento sísmico se presenta como una de las soluciones más seguras y viables, para la disipación de energía sísmica y el mejoramiento del comportamiento estructural. Bajo esas consideraciones y tomando en cuenta la necesidad del reforzamiento, el estudio de una estructura la cual será aislada sísmicamente es indispensable con el principal fin de conocer el desempeño de sus

elementos estructurales, analizar su sus momentos y curvaturas de desempeño, así como su ductilidad.

1.2. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Debido al cambio del Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, 2018), de acuerdo con los avances tecnológico asociados a la sismorresistencia y los avances científicos en la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad en las edificaciones, evitar las pérdidas de vidas humanas y asegurar la continuidad de los servicios básicos, las edificaciones diseñadas con la antigua normal (Ministerio de Vivienda, 2006), no cumplirían con los requisitos básicos de diseño, por lo cual requerirían un análisis que muestre el desempeño de sus elementos estructurales, asumiendo inicialmente un concreto sin confinamiento.

Bajo este concepto las edificaciones que albergan mayor cantidad de vidas, son los centros hospitalarios, edificios patrimonio cultural, centros de esparcimiento y centros educativos, siendo este último el motivo de investigación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar la ductilidad de los elementos sometidos a flexión en una edificación de carácter educativo considerando concreto no confinado.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Evaluar los momentos de agrietamiento, fluencia y falla en elementos sometidos a flexión en una edificación de carácter educativo considerando concreto no confinado.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

En el Perú, los códigos de diseño y construcción son relativamente jóvenes. Hasta la primera mitad del siglo XX, los diseños de las obras de infraestructura y vivienda se realizaban empíricamente o aplicando reglamentos y recomendaciones de Europa y Estados Unidos. El primer código peruano de diseño sísmico data de 1967 y la última versión corresponde al año 2018.

En 2006, se promulga en el diario “el peruano” una nueva modificación de su Norma Nacional de Sismorresistencia, como parte de su ya establecido Reglamento Nacional de Edificaciones, estableciendo parámetros básicos para el diseño considerando la sismorresistencia de estructuras como una vía para evitar la pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y así mismo disminuir los daños a la propiedad.

Como parte de nuevas investigaciones, desarrollo de nuevos equipos y nuevas metodologías de análisis de datos, dicha norma ha ido evolucionando, con el único fin de mejorar la filosofía con la que fue fundamentada desde sus inicios.

En el año 2018, la norma E030 fue nuevamente modificada y amplificada, considerando los siguientes cambios respecto a su primera versión:

En cuanto a la sectorización del territorio nacional, se considera actualmente bajo la nueva norma E030-2018, cuatro zonas (a diferencia de la E030-2006, la cual solo consideraba tres zonas, donde la máxima aceleración del suelo era 0.4g, siendo actualmente la máxima aceleración es 0.45g), las cuales representan: “la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años”. Dicho cambio como muchos de los otros que serán expuestos se deben

principalmente a las nuevas caracterizaciones y parámetros que se consideraron para definir los tipos de suelos.

La zonificación sísmica a partir de las nuevas consideraciones tomadas, se designa en función del Anexo II de la E030-2018, el cual especifica las zonas y por ende aceleraciones del suelo en función de la región, provincia y distrito de la edificación en estudio, a diferencia de la E030-2006, la cual consideraba en su mayoría parámetros generales, tal es el ejemplo de Arequipa, el cual presentaba una aceleración de 0.40g (correspondiente a la Zona 3) en todo su territorio, y que actualmente posee parámetros entre 0.35g y 0.45g tal sea la ubicación de la estructura.

Para definir las condiciones geotécnicas del suelo, las recientes modificaciones del reglamento consideran como parámetro principal la velocidad promedio de propagación de ondas de corte (ondas tipo S). Según las características del suelo, para suelos granulares, se tomara en cuenta el número de penetraciones estándar del “Standart penetration test” (SPT), así mismo, para suelos cohesivos, la resistencia a corte bajo condiciones no drenadas, será el parámetro a considerar.

Dichos fundamentos definen directamente los parámetros de suelo, y cabe resaltar que en las últimas modificaciones a diferencia de la primera versión de la norma se considera la zona de ubicación de estrato (Zona I, Zona II, Zona III y Zona IV) como parámetro que define el factor de suelo y así mismo, para el cálculo de factor de amplificación sísmica (C), se influirá el periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante (TL).

En cuanto a la categorización de las estructuras a diferencia de la E030-2006, las recientes modificaciones consideran una sub-clasificación de la zona de edificaciones esenciales.

Tabla 1: Comparativo entre los factores de Uso de las normativas E030 del 2006 y 2018 (Ministerio de Vivienda, 2006, 2018)

| CATEGORÍA | RNE E030-2006 | | RNE E030-2018 | |
|----------------------------------|---|-------------|---|---------------|
| | DESCRIPCIÓN | FACTOR U | DESCRIPCIÓN | FACTOR R U |
| A Edificaciones Esenciales | Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos. (Ministerio de Vivienda, 2006) | 1,5 | A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud. (Ministerio de Vivienda, 2018) | Ver nota 1 |
| | | | A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. (Ministerio de Vivienda, 2018) | 1,5 |

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

2.2. ANALISIS DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE ELEMENTOS

ESTRUCTURALES

(Almada N, Noel Bárcena, & Enciso, 2016), exponen en su investigación: “Determinación y Análisis de la gráfica Momento- Curvatura de diferentes secciones de vigas de concreto reforzado”, que el comportamiento de elementos estructurales tipo viga reforzada, pueden ser analizadas a través del método Momento-Curvatura, para el cual exponen los casos de distintos tipos de viga: rectangulares, triangulares y trapezoidales, en algunos casos con doble armado y en otros con armados simple.

En su análisis, si bien consideran los principales puntos de dicha metodología: agrietamiento del elemento, fluencia del armado y falla, con sus respectivos momentos y curvatura; analizan también la transición de un punto a otro, modificando las deformaciones asumidas por los distintos materiales.

En base al reglamento ACI 318-11, determina la ductilidad de los elementos tipo viga, para armados simples, considerando curvaturas máximas y mínimas, asociadas a la cantidad de acero máximo y mínimo de la sección en base a la mencionada normativa.

Así mismo determinan la rigidez de los elementos antes de presentar los primeros agrietamientos, como también la pérdida de rigidez de los elementos según la curvatura va incrementando.

(Prieto-Serrano, 2015), sustenta en su investigación “Método de la deformación unitaria para diseño de vigas rectangulares doblemente reforzadas”, la importancia del acero en estado de compresión en una viga doblemente reforzada para mejorar la ductilidad del elemento, como este reduce las deflexiones instantáneas y de largo plazo, como el armado toma los esfuerzos

a tracción en secciones sometidas a inversión de momentos durante un evento sísmico, y como en vigas de poca altura, aumenta la resistencia.

Similar a la investigación realizada por (Almada N et al., 2016), Prieto-Serrano, propone una metodología en la cual el diseño debe definir la deformación unitaria que se espera para el acero en tracción de la viga en el estado límite de resistencia, la cual es una medida de la ductilidad de la sección y para el cual se establece que las secciones más eficientes son aquellas donde la deformación en el acero en tracción es 0.005.

(Katsuta, 2009) en su investigación titulada “Seismic Isolation retrofit for existing building in Japan”, expone la importancia del aislamiento sísmico como una respuesta de reforzamiento estructural, pero para el cual inicialmente propone una cartilla de evaluación en el cual considera que métodos de reforzamiento basados primeramente en un aumento de la resistencia y ductilidad de los elementos estructurales, son viables en el caso que los servicios de la estructura puedan detenerse por un tiempo y que estructuralmente sea posible realizar dichos reforzamientos; de no ser el caso, el aislamiento sísmico es la respuesta propuesta por el autor como método de reforzamiento. Cabe resaltar que dicha cartilla, no solo evalúa el método por el cual será reforzada la estructura, sino también, si la estructura requiere o no de un reforzamiento posterior a un evento sísmico.

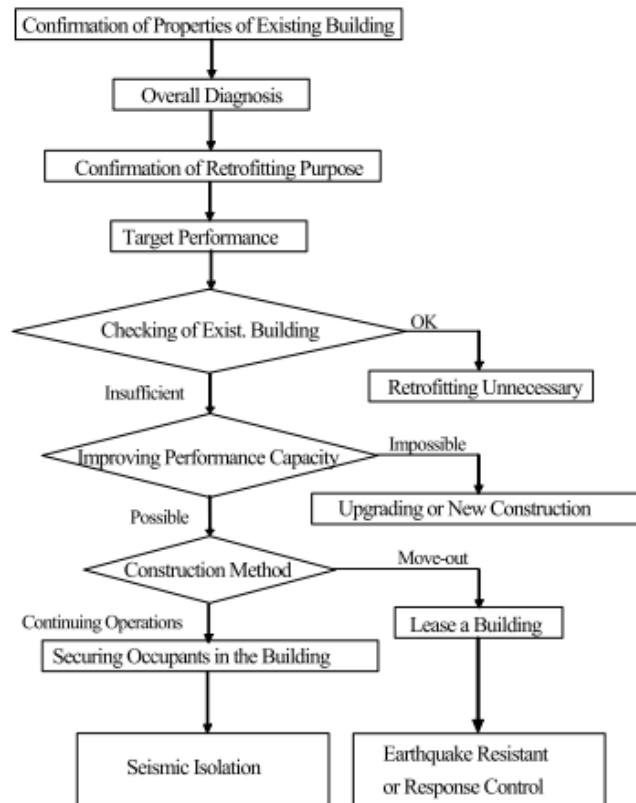


Figura 1: Cartilla de evaluación para estructuras después de un evento sísmico (Katsuta, 2009).

La presente investigación analizará la capacidad portante de los elementos sometidos a flexión, pero como trasfondo principal, se busca conocer el desempeño de dichos elementos para sustentar el reforzamiento mediante el cambio de base, ya que es una de las metodologías de reforzamiento que mejor se ajustan a las características de uso que presentan los centros de estudios (uso permanente de sus ambientes durante casi todo el año) (Katsuta, 2009). (Clemente & Stefano, 2012) expone en su investigación: “Seismic Isolation in existing complex structures”, que la respuesta muchas veces a la carencia y excesivos costos que implica el reforzamiento estructural mediante metodologías tradicionales como el aumento de resistencia y mejora en la ductilidad, puede ser suplidas a través del aislamiento sísmico, para el cual propone distintas metodologías que se ajustan a las complejidades que muchas veces se presentan durante el proceso de aislamiento.

2.3. INCREMENTAL DYNAMIC ANALYSIS (IDA)

Es una metodología en base a un análisis tiempo historia, en el cual se busca estimar el desempeño de la estructura durante un evento sísmico, escalando parámetros de intensidad del sismo para directamente proporcional reflejarse en parámetros de daño en la estructura.

(D. Vamvatsikos, Jalayer, & Cornell, 2003) describe el método de la siguiente manera:

“Usando una serie de análisis dinámicos no lineales, basados en un sostenible parámetro de escalas del registros sísmicos, se puede predecir la capacidad de la estructura”.

Así mismo, el autor describe una serie de pasos para su aplicación:

- i. Tener un apropiado modelo de la estructura bajo la investigación, es decir que obedezca a la geometría original de los elementos y sus uniones.
- ii. Seleccionar un conjunto de registros sísmicos((Dimitrios Vamvatsikos & Cornell, 2002), recomienda 20 registros).
- iii. Para cada registro, escalar incrementalmente en función de su periodo y realizar un análisis tiempo historia (análisis dinámico no lineal) para cada escala.
- iv. Detener el proceso de cálculo cuando una “no convergencia” sea encontrada.(D. Vamvatsikos et al., 2003), detalla ejemplos y casos especiales, donde podría aceptarse el análisis aun cuando se presenta las no convergencias, dichos casos son llamados “resurrecciones de la estructura”.
- v. Seleccionar dos parámetros: Medidas de intensidad (en el documento de investigación se considera al periodo predominante del sismo como dicho parámetro, asumiendo un amortiguamiento de 5% correspondiente al periodo de retorno del sismo y el grado de intensidad de este), y un parámetro de daño, el cual indicará cual es el desempeño de la estructura (el autor recomienda considerar las distorsiones máximas entre piso como dicho parámetro, aunque el motivo de la presente investigación sea conocer los momentos de falla para a futuro utilizar estos como parámetro de daño).
- vi. Se procesa los datos a través de interpolaciones, estados límites, y otros; a fin de definir las Curvas IDA (parámetros de daño respecto a parámetros de intensidad), las cuales se interpretan dando a

conocer el comportamiento de la estructura, IO (Inmediata ocupación), CP (Prevención del colapso) y GI (Inestabilidad dinámica global).

(Dimitrios Vamvatsikos & Fragiadakis, 2010), en su investigación, “Incremental Dynamic Analysis for Estimating Seismic Performance Sensitivity and Uncertainty”, explica la unión entre el método IDA, las simulaciones Montecarlo y metodologías de simplificación de diseño, a fin de evaluar parámetros estadísticos que no se consideran al momento de diseño, es decir, en cuanto a un evento sísmico, podemos predecir el punto de colapso de la estructura mediante el IDA, pero no conocemos la intensidad o el contenido de frecuencia del sismo, por lo cual para reducir esto, el método Montecarlo, evaluará las posibilidades de este tipo de variedades en función a parámetros simples como el periodo de retorno, la zona de ubicación a la falla, entre otros; definiendo así el estado límite de las estructuras, y entregando un método mucho más aproximado para la evaluación del colapso de las estructuras.

3. MODELAMIENTO Y ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE:

PABELLON MARIA NIEVES BUSTAMANTE – UNIVERSIDAD CATOLICA SAN PABLO

3.1. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO

El pabellón María Nieves Bustamante (MNB) de la universidad católica San Pablo (UCSP), es una estructura aporticada con placas que portan principalmente la carga de las escaleras y la del techo. Dicha estructura presenta algunos muros de tabiquería para la separación de ambientes y entre otros datos vigas de peralte invertida en su último nivel.

Su edificación data del año 2011, es decir la normativa usada para su diseño, fue E030-2006; para la cual se usó las siguientes características obtenidas en su gran mayoría de las especificaciones técnicas (figura 3):

- ✓ Factor de Zona: 0.4 (Zona 3, según la norma utilizada, actualmente los datos son distintos).
- ✓ Factor de Uso: 1.5
- ✓ Factor de Suelo: 1.2 (Dicho parámetro solo depende de un estudio de mecánica de suelos y no de su factor de zona, como si es considerado en la norma actual de sismorresistencia E030-2018).
- ✓ Periodo del Suelo: 0.6, parámetro correspondiente al factor de suelo ya antes mencionado.
- ✓ Factor de Reducción: 8, para pórticos de concreto armado.
- ✓ Coeficiente de amplificación sísmica.

$$C = 2.5 * \frac{T_p}{T} \quad (1)$$

Para el modelamiento estructural del pabellón María Nieves Bustamante, lo primero que se requirió, fue obtener los planos estructurales actualizados en los cuales fue importante reconocer la distribución y ubicación de los elementos sometidos a flexión.

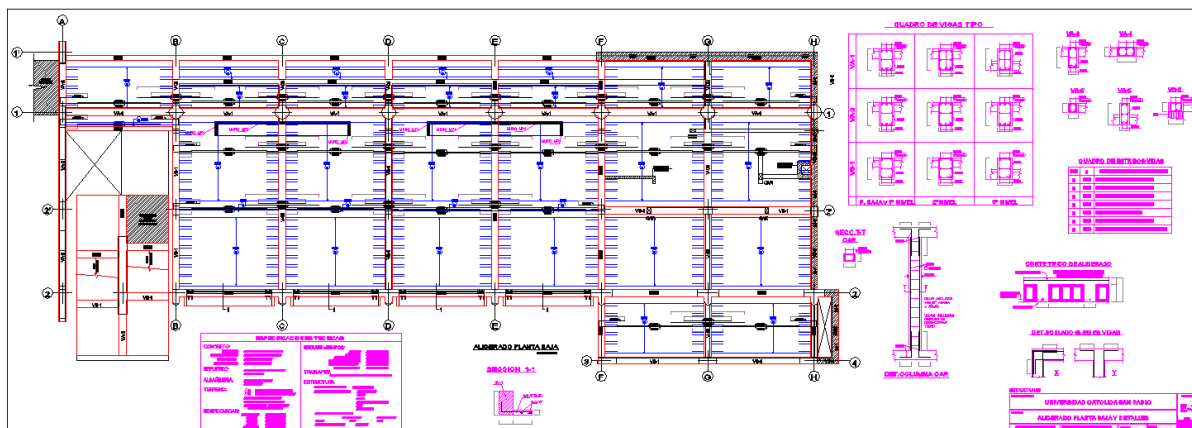


Figura 2: Plano estructural y detalles de la planta baja del pabellón María Nieves Bustamante de la Universidad Católica San Pablo.

- Se identificó cuatro niveles, para el cual la siguiente notación representa los elementos estructurales a flexión en todas las plantas:

Planta Baja: VA-1, VA-2, VA-3, VA-6, VS-1, V01, V02, V03

Primer Piso: VA-1, VA-2, V2-1, V101, V102, V103, V104, V105

Segundo Piso: VA-1, VA-2, V2-1, V201, V202, V203, V204, V205

Tercer Piso: VA-1, VA-2, V2-1, V301, V302, V304, V305

- La resistencia de los materiales ingresados al modelo, fueron colocados en función a las especificaciones encontradas en los planos:

| ESPECIFICACIONES TECNICAS | | | |
|---------------------------|---|--------------------------|--|
| CONCRETO: | | RECUBRIMIENTOS: | |
| CIMIENTO: | $C^*C^* = 1:10 + 30\% \text{ P.G. } 8'' \text{ MAX.}$ | ZAPATAS | $e = 7.5 \text{ cm LIBRES}$ |
| SOBRECIMIENTO: | $C^*C^* = 1:8 + 25\% \text{ P.M. } 3'' \text{ MAX.}$ | COLUMNAS | $e = 4.0 \text{ cm LIBRES}$ |
| FALSO PISO: | $C^*S^* = 1:10 \quad e = 10 \text{ cm.}$ | COLUMNAS CHATAS | $e = 2.5 \text{ cm LIBRES}$ |
| ESTRUCTURAS: | $C^*A^* : f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ | VIGAS DE CIMENTACION | $e = 4.0 \text{ cm LIBRES}$ |
| REFUERZO: | ACERO CORRUGADO GRADO 60 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ | VIGAS CHATAS, LOSAS | $e = 2.5 \text{ cm LIBRES}$ |
| ALBAÑILERIA: | LADRILLO K.K. TIPO IV $f_m = 65 \text{ Kg/cm}^2$ | VIGAS PERALTADAS | $e = 4.0 \text{ cm LIBRES}$ |
| TERRENO: | $\phi t = 1.73, 1.51 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (ZAPATAS)}$ $\phi t = 1.40, 1.20 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (CIMENTOS)}$ TERRENO ARENO-GRAVOSO PROFUNDIDA DE DESPLANTE d_f CIMENTOS = 1.35 ZAPATAS = 2.00 ZAPATAS ESCALERAS = 2.70 | TRASLAPES: | $40\phi s (\phi = \text{DIAMETRO VARILLA MAYOR DE ENCUENTRO})$ |
| SOBRECARGAS: | PLANTA BAJA $S/C = 300 \text{ Kg/m}^2$ 1° NIVEL $S/C = 300 \text{ Kg/m}^2$ 2° NIVEL $S/C = 300 \text{ Kg/m}^2$ 3° NIVEL $S/C = 150 \text{ Kg/m}^2$ ESCALERAS $S/C = 500 \text{ Kg/m}^2$ | ESTRUCTURA | |
| | | SISTEMA ESTRUCTURAL | : APORTICADO |
| | | ESPECTRO DE RESPUESTA | $Z = 0.4 \text{ (zona 3)}$ $U = 1.5$ $S = 1.2$ $T_p \text{ (Período del Suelo)} = 0.6$ $R = 8$ $C = 2.5 \times (T_p/T)$ |
| | | JOINT DISPLACEMENTS (cm) | |
| | | TRASLACION X | TRASLACION Y |
| | | Desplaz. 0.988 | 1.189 |
| | | Desplaz. max. Relativo = | 0.005 mts. |

Figura 3: Especificaciones Técnicas de la estructura en evaluación.

- Se definió las secciones típicas de los elementos sometidos a flexión y flexocompresión.

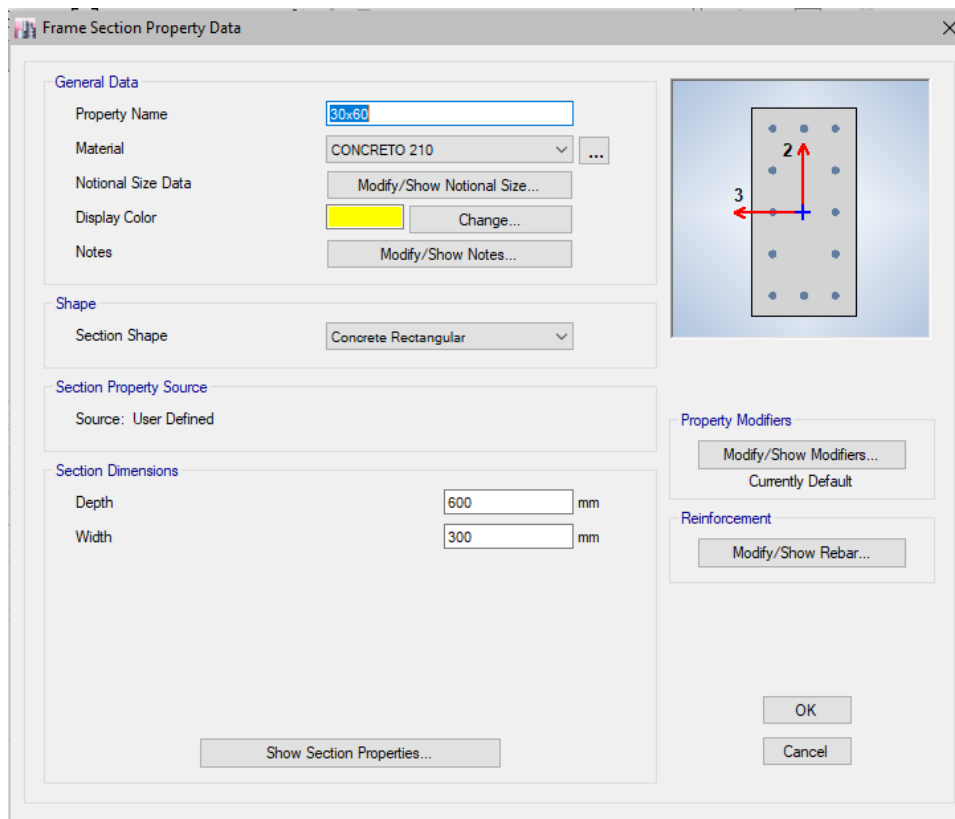


Figura 4: Definición de las secciones típicas en el Software ETABS.

- Todo elemento tipo viga con peralte de 20 cm, debido a que la losa aligerada posee el mismo espesor, no será considerada en el plano como un nuevo elemento, ya que este se categorizaría como un reforzamiento en la losa (“Viga Chata”).
- Se aplicó un enmallado de 40cmx40cm, para todos los elementos tipo Shell de la estructura (losas y placas), esto en orden de realizar una evaluación mucho más minuciosa, que implique la transmisión de esfuerzos en la estructura a través de cada cuadrilla, es decir conocer como el esfuerzo va transmitiéndose por cada sección del enmallado.
- Una vez terminado el modelo, se procede al análisis de las vibraciones naturales de la estructura, esto en orden de reconocer los modos de vibración de la estructura, teniendo como resultados lo siguiente:

Tabla 2: Modos de vibración obtenidos del modelo realizado de la estructura.

| Modo | Periodo |
|------|---------|
| 1 | 0.375 |
| 2 | 0.118 |
| 3 | 0.104 |
| 4 | 0.094 |
| 5 | 0.053 |
| 6 | 0.049 |
| 7 | 0.047 |
| 8 | 0.044 |
| 9 | 0.043 |
| 10 | 0.04 |
| 11 | 0.035 |
| 12 | 0.034 |

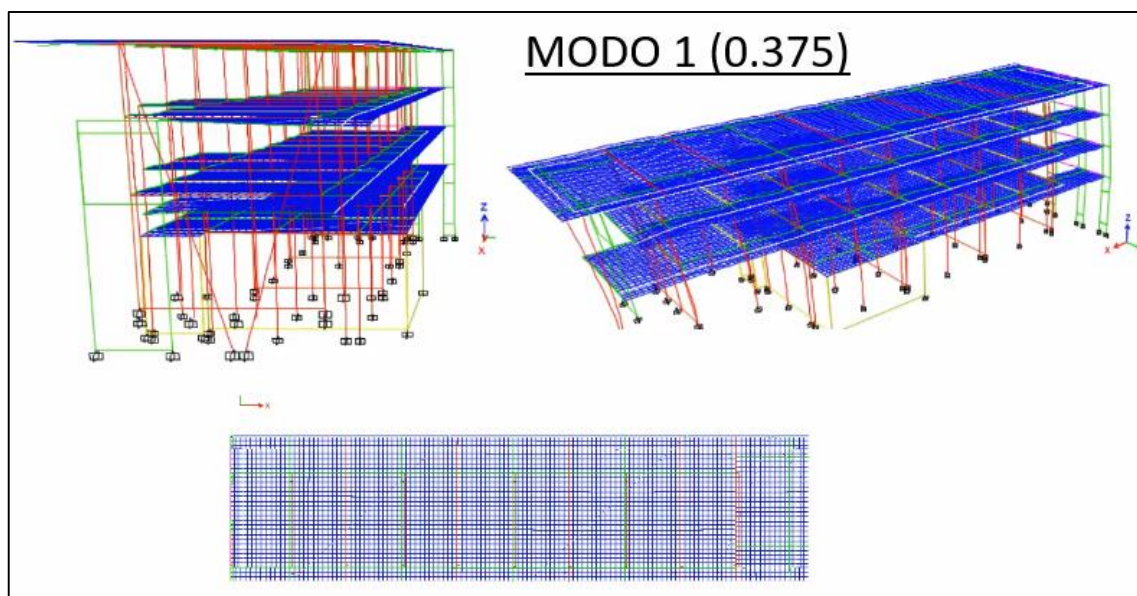


Figura 5: Modo de vibración 1 de la estructura.

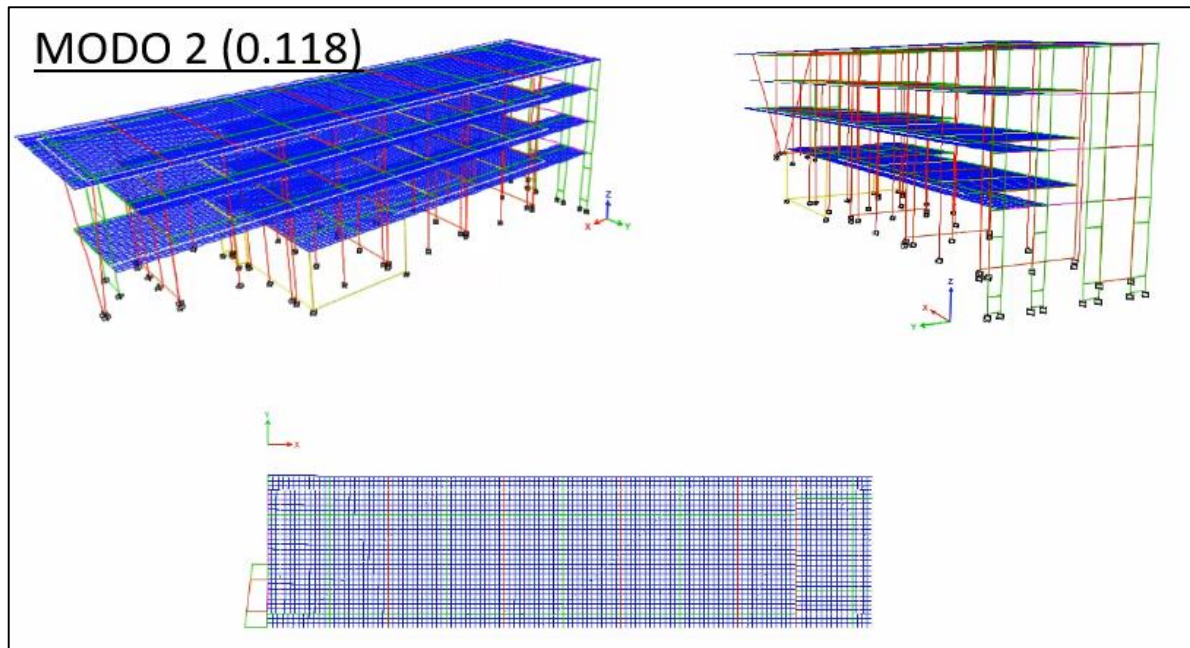


Figura 6: Modo de vibración 2 de la estructura.

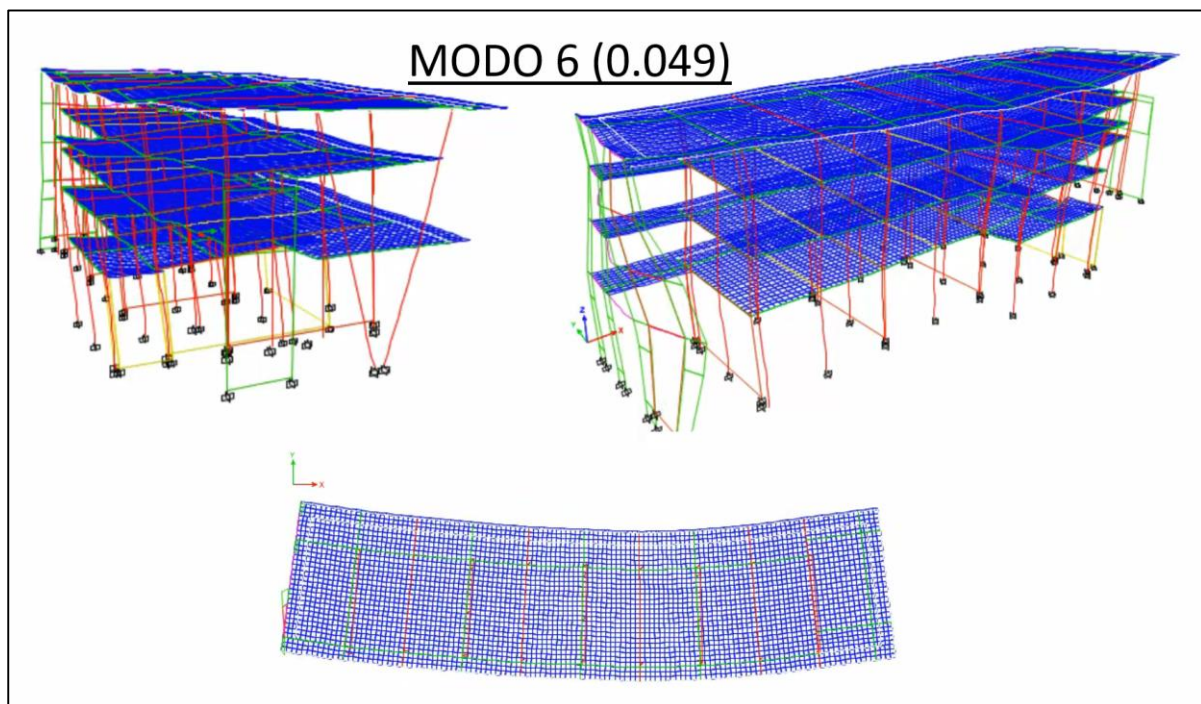


Figura 7: Modo de vibración 6 de la estructura.

- Para los cuales se puede destacar los siguientes comportamientos:

Tabla 3: Caracterización de los modos de vibración obtenidos del modelamiento estructural.

| Modo | Descripción |
|------|------------------------|
| 1 | Traslación X |
| 2 | Local |
| 3 | Local |
| 4 | Cizallamiento vertical |
| 5 | Local |
| 6 | Torsión |
| 7 | Rotación |
| 8 | Torsión y CV |
| 9 | Rotación |
| 10 | Torsión |
| 11 | Beating |
| 12 | Torsión |

- Los datos obtenidos, nos muestra que el modo predominante es el modo 1, dicho modo se da en el sentido más largo de la estructura, lo cual se sustenta en el punto que en casi todos los pórticos transversales se puede encontrar, muros de albañilería que cumplen la función de arriostre los cuales no solo inciden en los modos de vibración, sino en las distorsiones máximas entre pisos.

3.2. TOMA DE DATOS Y ANALISIS DE LOS ARMADO DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXION DE LA ESTRUCTURA EN ESTUDIO

- Como se mencionó anteriormente, los elementos a flexión, poseen una nomenclatura específica, para la cual se identificó los armados y los respectivos seccionamientos.
- Así mismo, según la sección 9.6.1.2 del ACI 318R-14, el A_s proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f_{rc}}}{f_y} bd \geq \frac{14}{f_y} bd \quad (2)$$

Para el cual se tomará el mayor valor de ambos como valor mínimo para el área de acero.

- El valor de resistencia a la compresión del concreto límite para el uso de las ecuaciones antes presentadas es 306.25 kgf/cm², en el caso de la presente investigación, ya que el concreto en uso es mucho menor al valor límite (210kgf/cm²), se usará el segundo término para asignar el valor para el A_s :

$$A_{s,min} = \frac{14}{f_y} bd \quad (2')$$

- En la columna “# TRAMO”, se especifica las divisiones en cada elemento, es decir, si una viga está dividida por dos columnas, entonces la viga tendrá tres tramos. Así mismo, si la columna indica “Scf (Steel comes from)”, implica que el acero viene del elemento que se indica, así mismo. Si la columna indica “Too short”, implica que la sección es de pequeña longitud.

Tabla 4: Armado de acero Superior e inferior de la planta baja

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | Área Superior (cm ²) | ACEROS | Área Inferior (cm ²) | ACEROS | |
|-------------|-----------|--------------|-----------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|--------|--------|
| PLANTA BAJA | | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V01 | 30 | 45 | 1/Scf VS1 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V01 | 30 | 45 | 2 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V02 | 30 | 60 | 1 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 11.401 | 4φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| V02 | 30 | 45 | 2 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 1 | 5.7 | 2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| | | | | 5.7 | 2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |

| | | | | | | | | |
|------|----|----|---|-------|-------------|-------|-------------|--------|
| V03 | 30 | 45 | 2 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| | | | | 5.7 | 2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 9.659 | 2φ5/8+2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 3 | 9.659 | 2φ5/8+2φ3/4 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | INICIO |
| | | | | 5.7 | 2φ3/4 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 9.659 | 2φ5/8+2φ3/4 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 4 | 9.659 | 2φ5/8+2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| | | | | 5.7 | 2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 9.659 | 2φ5/8+2φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| VA-3 | 20 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| VA-6 | 20 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |

Tabla 5: Verificación si el acero superior e inferior de la planta baja cumplen con el armado mínimo propuesto según norma.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | (14/fy)*b*d | Área Superior | Área Inferior | |
|-------------|-----------|--------------|-----------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| PLANTA BAJA | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V01 | 30 | 45 | 1/Scf VS1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V01 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V02 | 30 | 60 | 1 | 6 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V02 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V03 | 30 | 45 | 4 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

| | | | | | | | |
|------|----|----|---|---|------------------------|------------------------|--------|
| VA-3 | 20 | 45 | - | 3 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| VA-6 | 20 | 45 | - | 3 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |

Tabla 6: Armado de acero Superior e inferior del primer nivel.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | Área Superior (cm2) | ACEROS | Área Inferior (cm2) | ACEROS | |
|--------------|-----------|--------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|--------|--------|
| PRIMER NIVEL | | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V101 | 30 | 45 | 1 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V101 | 30 | 45 | 2 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V102 | 30 | 60 | 1 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 11.401 | 4φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| V102 | 30 | 45 | 2 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| V103 | 30 | 65 | 1 | 8.551 | 3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| | | | | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| V103 | 30 | 65 | 2 | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| V103 | 30 | 45 | 3 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| V104 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| V104 | 30 | 45 | 2 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| V104 | 30 | 45 | 3 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |

| | | | | | | | | |
|------|----|----|---|--------|-------------|-------|-------|--------|
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| V105 | 30 | 45 | 1 | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| V105 | 30 | 45 | 2 | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| V105 | 30 | 45 | 3 | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |

Tabla 7: Verificación si el acero superior e inferior del primer nivel cumplen con el armado mínimo propuesto según norma.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | (14/fy)* b*d | Área Superior | Área Inferior | |
|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| PRIMER NIVEL | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V101 | 30 | 45 | 1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V101 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V102 | 30 | 60 | 1 | 6 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V102 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V103 | 30 | 65 | 1 | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V103 | 30 | 65 | 2 | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V103 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V104 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V104 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V104 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

| | | | | | | | |
|------|----|----|---|-----|------------------------|------------------------|--------|
| V105 | 30 | 45 | 1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V105 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V105 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

Tabla 8: Armado de acero Superior e inferior del segundo nivel.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | Área Superior (cm2) | ACEROS | Área Inferior (cm2) | ACEROS | |
|---------------|-----------|--------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|--------|--------|
| SEGUNDO NIVEL | | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V201 | 30 | 45 | 1 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V201 | 30 | 45 | 1 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V201 | 30 | 45 | 2 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V201 | 30 | 45 | 2 | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 11.638 | 3φ5/8+2φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V202 | 30 | 60 | 1 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| V202 | 30 | 60 | 1 | 8.551 | 3φ3/4 | 11.401 | 4φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| V202 | 30 | 45 | 2 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| V202 | 30 | 45 | 2 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| V203 | 30 | 65 | 1 | 8.551 | 3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| V203 | 30 | 65 | 1 | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| | | | | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| V203 | 30 | 65 | 2 | 14.251 | 5φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| V203 | 30 | 65 | 2 | 8.551 | 3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 19.952 | 7φ3/4 | INICIO |
| V203 | 30 | 45 | 3 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| V203 | 30 | 45 | 3 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 5.7 | 2φ3/4 | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 7.917 | 4φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 9.897 | 5φ5/8 | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 2 | 5.938 | 3φ5/8 | 9.897 | 5φ5/8 | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 2 | 3.959 | 2φ5/8 | 9.897 | 5φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 7.917 | 4φ5/8 | 9.897 | 5φ5/8 | FIN |
| | | | | 7.917 | 4φ5/8 | 9.897 | 5φ5/8 | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 3 | 7.917 | 4φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 3 | 7.917 | 4φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 7.917 | 4φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| | | | | 7.917 | 4φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |

| | | | | | | | | |
|------|----|----|------------|--------|-------------|-------|-------------|--------|
| | | | | 7.917 | 4φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| V205 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| V205 | 30 | 45 | 2 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| V205 | 30 | 45 | 3 | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| V206 | 30 | 45 | 1/Scf P-1 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | INICIO |
| | | | | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | FIN |
| V206 | 30 | 45 | 2 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | INICIO |
| | | | | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | 7.679 | 2φ3/4+1φ5/8 | FIN |

Tabla 9: Verificación si el acero superior e inferior del segundo nivel cumplen con el armado mínimo propuesto según norma.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | (14/fy)*b*d | Área Superior | Área Inferior | |
|---------------|-----------|--------------|---------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| SEGUNDO NIVEL | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V201 | 30 | 45 | 1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V201 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V202 | 30 | 60 | 1 | 6 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V202 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V203 | 30 | 65 | 1 | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V203 | 30 | 65 | 2 | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

| | | | | | | | |
|------|----|----|------------|-----|---------------------------|---------------------------|--------|
| V203 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V204 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | No cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V205 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| V205 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V205 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V206 | 30 | 45 | 1/Scf P-1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V206 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

Tabla 10: Armado de acero Superior e inferior del tercer nivel.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | Área Superior (cm ²) | ACEROS | Área Inferior (cm ²) | ACEROS | |
|--------------|-----------|--------------|--------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|--------|
| TERCER NIVEL | | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | FIN |
| | | | | 5.938 | 3φ5/8 | 5.938 | 3φ5/8 | INICIO |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V301 | 30 | 45 | 1/Scf VS-1 | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | INICIO |
| V301 | 30 | 45 | 2/ Too Short | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | INICIO |
| V301 | 30 | 45 | 3 | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |

| | | | | | | | | |
|------|----|----|--------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| V302 | 30 | 65 | 1/ Too Short | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| V302 | 30 | 65 | 2 | 8.551 | 3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 17.101 | 6φ3/4 | INICIO |
| V302 | 30 | 65 | 3 | 8.551 | 3φ3/4 | 17.101 | 6φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 17.101 | 6φ3/4 | FIN |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| V304 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | INICIO |
| V304 | 30 | 45 | 2 | 3.959 | 2φ5/8 | 3.959 | 2φ5/8 | MEDIO |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | INICIO |
| V304 | 30 | 45 | 3 | 17.101 | 6φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 12.51 | 2φ5/8+3φ3/4 | FIN |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 1 | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 17.101 | 6φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 14.251 | 5φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 2 | 14.251 | 5φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 14.251 | 5φ3/4 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 8.551 | 3φ3/4 | 14.251 | 5φ3/4 | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 3 | 8.551 | 3φ3/4 | 14.251 | 5φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 10.53 | 3φ3/4+1φ5/8 | 14.251 | 5φ3/4 | FIN |
| | | | | 10.53 | 3φ3/4+1φ5/8 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 3 | 10.53 | 3φ3/4+1φ5/8 | 8.551 | 3φ3/4 | MEDIO |
| | | | | 10.53 | 3φ3/4+1φ5/8 | 8.551 | 3φ3/4 | FIN |
| | | | | 10.53 | 3φ3/4+1φ5/8 | 8.551 | 3φ3/4 | INICIO |

Tabla 11: Verificación si el acero superior e inferior del tercer nivel cumplen con el armado mínimo propuesto según norma.

| ID | Base (cm) | Peralte (cm) | # TRAMO | (14/fy)*b*d | Área Superior | Área Inferior | |
|--------------|-----------|--------------|--------------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| TERCER NIVEL | | | | | | | |
| VA-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| VA-2 | 30 | 50 | - | 5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| VS-1 | 30 | 45 | - | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | FIN |
| V301 | 30 | 45 | 1/Scf VS-1 | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V301 | 30 | 45 | 2/ Too Short | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V301 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| V302 | 30 | 65 | 1/ Too Short | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

| | | | | | | | |
|------|----|----|------------|-----|---------------------------|---------------------------|--------|
| V302 | 30 | 65 | 2 | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V302 | 30 | 65 | 3 | 6.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V304 | 30 | 45 | 1/Scf VA-1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | INICIO |
| V304 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | No cumple el acero mínimo | No cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V304 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 1 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 2 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |
| V305 | 30 | 45 | 3 | 4.5 | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | MEDIO |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | FIN |
| | | | | | Cumple el acero mínimo | Cumple el acero mínimo | INICIO |

- Según el análisis de los armados en las vigas a flexión, nos indica que las vigas V01, V101, V201, V205, V301, V304, entre otras; presentan armados menores a los indicados según el ACI artículo 9.6.1.2.
- A pesar de ello, no se puede concluir que su armado no sea el permisible, ya que el artículo 9.6.1.3, indica que no es necesario utilizar esa cuantía de acero, mientras que el armado colocado en el elemento sea un tercio superior al demandado por su diseño; por lo cual, para concluir si el armado es el indicado, en esos casos, se debe revisar su demanda de acero.

4. ANALISIS DE LAS CAPACIDADAS PORTANTES DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN: PABELLON MARIA NIEVES BUSTAMANTE – UNIVERSIDAD CATOLICA SAN PABLO

4.1. ANALISIS DE LA DUCTILIDAD DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN.

Para el análisis de la ductilidad de los elementos sometidos a flexión, se utilizara el método momento curvatura para el cual se mostrara el proceso de cálculo para la viga V103 (ya que la viga posee 3 tramos, se analizará la parte inicial del tramo 1):

DATOS GENERALES

| | |
|---------------------------|------------------------------|
| $b = 30\text{cm}$ | (Ancho de la viga) |
| $h = 65\text{cm}$ | (Altura de la viga) |
| $r = 4\text{cm}$ | (Recubrimiento inferior) |
| $d' = 4\text{cm}$ | (Recubrimiento superior) |
| $d = h - r = 61\text{cm}$ | (Altura efectiva de la viga) |

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

CONCRETO

$$f'_c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Resistencia a la compresión del concreto})$$

$$f_r = 2 * \sqrt{f'_c} = 28.983 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Modulo de rotura del concreto})$$

$$E_c = 15100 * \sqrt{f'_c} = 218819.79 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

concreto)

(Modulo de elasticidad del

$$\beta_1 = 0.85$$

(Según ACI 318S-05 Artículo 10.2.7.3)

$$\varepsilon_{cu} = 0.003$$

(Deformación ultima del concreto)

ACERO

$$f_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

refuerzo)

(Esfuerzo de fluencia del acero de

$$E_s = 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

(Módulo de elasticidad del acero)

$$\varepsilon_y = 0.002$$

(Deformación de fluencia del acero)

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 9.60$$

(Relación de módulos de elasticidad)

$$A_s = 8.551 \text{ cm}^2$$

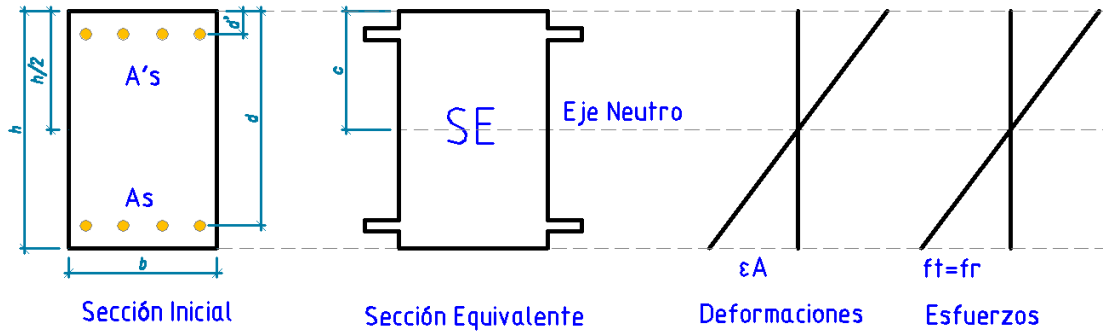
(Área superior de acero)

$$A'_s = 8.551 \text{ cm}^2$$

(Área inferior de acero)

CONDICIONES DE EVALUACIÓN

CONDICIÓN DE AGRIETAMIENTO



Según los datos definimos:

$$A_{SE} = b * h + (n - 1) * (A_s + A'_s) = 2097.025 \text{ cm}^2 \quad (\text{Área de la sección equivalente})$$

$$c = \frac{(b * \frac{h^2}{2} + (n-1) * (A_s * d + A'_s * d'))}{A_{SE}} = 32.5 \text{ cm} \quad (\text{Profundidad del eje neutro})$$

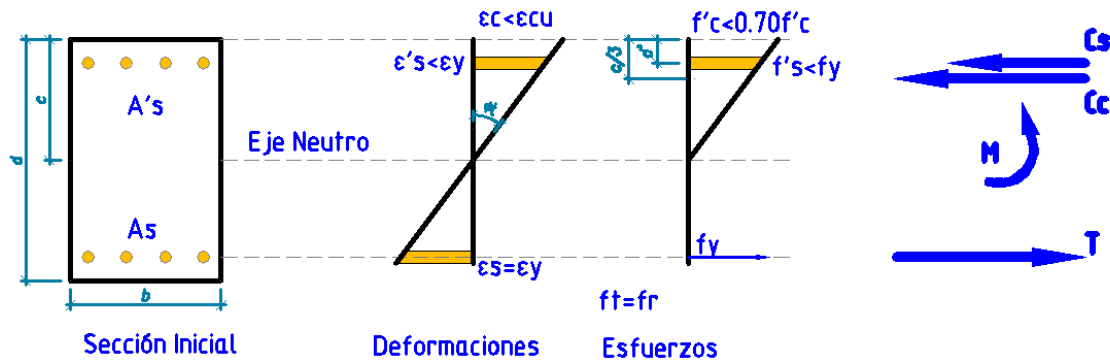
$$I_{SE} = \frac{b * h^3}{12} + b * h * \left(\frac{h}{2} - c\right)^2 + (n - 1) * (A_s * (d - c)^2 + A'_s * (c - d')^2) = 805983.42 \text{ cm}^4$$

(Inercia de la Sección equivalente al eje neutro)

$$\varphi_{\text{agrietamiento}} = \frac{f_r}{E_c * (h - c)} = 0.00040754 \frac{1}{\text{m}} \quad (\text{Curvatura de agrietamiento})$$

$$M_{\text{agrietamiento}} = \frac{f_r * I_{SE}}{(h - c)} = 7.187575 \text{ tnf} * \text{m} \quad (\text{Momento de agrietamiento})$$

CONDICIÓN DE FLUENCIA



Esfuerzo en el elemento

$$C_c = \frac{f'_c * c * b}{2} \quad (\text{Compresión en el concreto})$$

$$C_s = A'_s * f'_s \quad (\text{Compresión en el acero superior})$$

$$T = A_s * f_y \quad (\text{Tracción en el acero inferior})$$

$$C = C_c + C_s \quad (\text{Acumulado de esfuerzos a compresión})$$

Se establece un equilibrio de fuerzas $T=C$

$$\frac{f'_c * c * b}{2} + A'_s * f'_s = A_s * f_y \quad (3)$$

Reordenamos (3).

$$\frac{f'_c * c * b}{2} = A_s * f_y - A'_s * f'_s \quad (4)$$

Si:

$$f'_c = E_c * \varepsilon_c \quad (5)$$

$$\varepsilon_c = \frac{\varepsilon_y * c}{d - c} \quad (6)$$

Reemplazo (5) en (4) y (6) en (5).

$$\frac{E_c * \frac{\varepsilon_y * c}{d-c} * C * b}{2} = A_s * f_y - A'_s * f'_s \quad (7)$$

Si:

$$f'_s = E_s * \varepsilon'_s \quad (8)$$

$$\varepsilon'_s = \frac{\varepsilon_y * (c-d')}{d-c} \quad (9)$$

Reemplazo (8) en (7) y (9) en (8).

$$\frac{E_c * \frac{\varepsilon_y * c^2}{d-c} * b}{2} = A_s * f_y - A'_s * E_s * \frac{\varepsilon_y * (c-d')}{d-c} \quad (10)$$

Si:

$$f_y = E_s * \varepsilon_y \quad (11)$$

Simplifico y reordeno.

$$\frac{E_c * \varepsilon_y * c^2 * b}{2} = A_s * f_y * (d-c) - (A'_s * f_y * (c-d')) \quad (12)$$

Reemplazo (11) en (12).

$$\frac{E_c * \varepsilon_y * c^2 * b}{2} = A_s * E_s * \varepsilon_y - A'_s * E_s * \frac{\varepsilon_y * (c-d')}{d-c} \quad (13)$$

Ecuación para determinar el eje neutro de la sección en función de (13):

$$c^2 * \frac{E_c * \varepsilon_y * b}{2} + c * (f_y * (A_s + A'_s)) - f_y * (A'_s * d' + A_s * d) = 0 \quad (14)$$

Despejo una ecuación equivalente.

$$A * c^2 + B * c + D = 0 \quad (15)$$

Determino los términos.

$$A = \frac{E_c * \varepsilon_y * b}{2} = 656.459 \frac{tnf}{m} \quad (16)$$

$$B = (f_y * (A_s + A'_s)) = 71.828 \text{ tnf} \quad (17)$$

$$D = -f_y * (A'_s * d' + A_s * d) = -23.344 \text{ tnf} * m \quad (18)$$

A través de la formula general hayo la profundidad del eje neutro:

$$c = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 * A * D}}{2 * A} = 14.164 \text{ cm} \quad (19)$$

Se verifica que el acero superior no haya fluido.

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_y * \frac{c - d'}{d - c} = 0.000434 \quad (20)$$

Se verifica que su esfuerzo sea menos al esfuerzo de fluencia del acero definido en los datos.

$$f'_s = E_s * \varepsilon'_s = 911.480 \frac{kgf}{cm^2} \quad (21)$$

Se verifica que el concreto tenga un comportamiento elástico.

El límite para el cual el concreto trabaja en un límite elástico es:

$$f'_c_{limite} = 0.70 * f'_c = 147 \frac{kgf}{cm^2} \quad (22)$$

La deformación asociada al esfuerzo soportado por el concreto es:

$$\varepsilon_c = \frac{\varepsilon_y * c}{d - c} = 0.0006048 \quad (23)$$

El esfuerzo aplicado al concreto hasta este estado es:

$$f_c = E_c * \varepsilon_c = 132.353 \frac{kgf}{cm^2} \quad (24)$$

Dicho valor es menor al esfuerzo límite elástico del concreto, es decir, el concreto trabaja en un rango elástico.

Definimos las resultantes de los esfuerzos a tracción y compresión.

$$C_c = \frac{f_c * c * b}{2} = 28.120 \text{ tnf} \quad (25)$$

$$C_s = A'_s * f'_s = 7.794 \text{ tnf} \quad (26)$$

Sumamos las fuerzas a compresión:

$$C = C_c + C_s = 35.914 \text{ tnf} \quad (27)$$

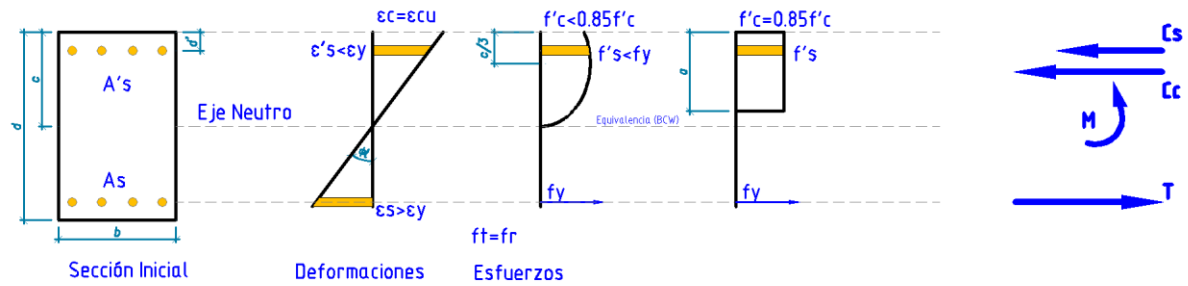
$$T = A_s * f_y = 35.914 \text{ tnf} \quad (28)$$

Finalmente, se obtiene la curvatura cedente y el momento cedente

$$\phi_{Fluencia} = \frac{\varepsilon_y}{d-c} = 0.00427 \frac{1}{m} \quad (29)$$

$$M_{Fluencia} = C_c * \left(d - \frac{c}{3}\right) + C_s * (d - d') = 20.268 \text{ tnf} * m \quad (30)$$

CONDICIÓN DE FALLA



Esfuerzo en el elemento

$$C_c = 0.85 * f'_c * a * b \quad (\text{Compresión en el concreto})$$

$$C_s = A'_s * f'_s \quad (\text{Compresión en el acero superior})$$

$$T = A_s * f_y \quad (\text{Tracción en el acero inferior})$$

$$C = C_c + C_s \quad (\text{Acumulado de esfuerzos a compresión})$$

$$a = \beta_1 * c \quad (31)$$

Igualo las fuerzas a compresión y tracción:

$$A_s * f_y = \beta_1 * c * 0.85 * f'_c * b + A'_s * f'_s \quad (32)$$

Despejo el valor para obtener el eje neutro de la sección “c”:

$$c = \frac{A_s * f_y - A'_s * f'_s}{0.85 * f'_c * b * \beta_1} \quad (33)$$

Utilizamos la relación entre las deformaciones:

$$\frac{\epsilon'_s}{c - d'} = \frac{\epsilon_{cu}}{c} \quad (34)$$

$$\varepsilon'_s = \frac{\varepsilon_{cu}}{c} * (c - d') \quad (35)$$

Asociamos dicha deformación según su módulo de elasticidad para obtener su esfuerzo:

$$f'_s = \frac{\varepsilon_{cu}}{c} * (c - d') * E_s \quad (36)$$

Con la ecuación obtenida para el esfuerzo, calculo un nuevo término para obtener el valor para obtener el eje neutro de la sección “c”:

$$c = \frac{A_s * f_y - A'_s * \left(\frac{\varepsilon_{cu}}{c} * (c - d') * E_s\right)}{0.85 * f'_s * b * \beta_1} \quad (37)$$

$$c^2 * 0.85 * \beta_1 * f'_s * b = A_s * f_y * c - A'_s * E_s * \varepsilon_{cu} * (c - d') \quad (38)$$

Ecuación para determinar el eje neutro de la sección:

$$c^2 * (0.85 * f'_s * b * \beta_1) + c * (A'_s * E_s * \varepsilon_{cu} - A_s * f_y) - A'_s * E_s * \varepsilon_{cu} * d' = 0 \quad (39)$$

$$A * c^2 + B * c + D = 0 \quad (40)$$

$$A = 0.85 * \beta_1 * f'_s * b = 455.175 \frac{tnf}{m} \quad (41)$$

$$B = A'_s * E_s * \varepsilon_{cu} - A_s * f_y = 17.957 \text{ tnf} \quad (42)$$

$$D = -(A'_s * E_s * \varepsilon_{cu} * d') = -2.155 \text{ tnf} * m \quad (43)$$

Profundidad del eje neutro:

$$c = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 * A * D}}{2 * A} = 5.185 \text{ cm} \quad (44)$$

Al obtener la profundidad del eje neutro se verifica que el acero superior a compresión no ha fluido:

$$\varepsilon'_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (c - d')}{c} = 0.0006857 \quad (45)$$

Este valor se compara con el valor correspondiente a la fluencia del acero: 0.002

Se evaluara si el esfuerzo del acero superior es mayor al valor correspondiente a la fluencia del material (4200kgf/cm²):

$$f'_s = E_s * \varepsilon'_s = 1439.932 \frac{kgf}{cm^2} \quad (46)$$

Finalmente, se analizara el comportamiento de la sección, tomando en cuenta la deformación en el acero inferior:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu}(d - c)}{c} = 0.0323 \quad (47)$$

Según el ACI 318-05, Artículo 10.3.4: "Las secciones son controladas por tracción si la deformación unitaria neta en el refuerzo de acero extremo en tracción, es igual o mayor a 0.005, cuando el concreto en compresión alcanza su límite de deformación unitaria asumido de 0.003; de no ser el caso, la sección se considerará en transición entre tracción y compresión"

Es decir, en este caso el acero inferior, se encuentra controlado por tracción.

Luego se define la resultante de tracción y compresión:

$$T = A_s * f_y = 35.914 \text{ tnf} \quad (\text{Tracción en el acero inferior})$$

$$a = \beta_1 * c = 4.407 \quad (\text{Profundidad del bloque equivalente a compresión})$$

$$C_c = 0.85 * f'_c * a * b = 23.601 \text{ tnf} \quad (\text{Compresión en el concreto})$$

$$C_s = A'_s * f'_s = 12.313 \text{ tnf} \quad (\text{Compresión en el acero superior})$$

Por último, se obtiene la curvatura de falla y el momento de falla:

$$\varphi_{Falla} = \frac{\varepsilon_{cu}}{c} = 0.0578579 \frac{1}{m} \quad (49)$$

$$M_{falla} = C_c * \left(d - \frac{\beta_1 * c}{2} \right) + C_s * (d - d') = 20.895 \text{ tn} \cdot \text{m} \quad (50)$$

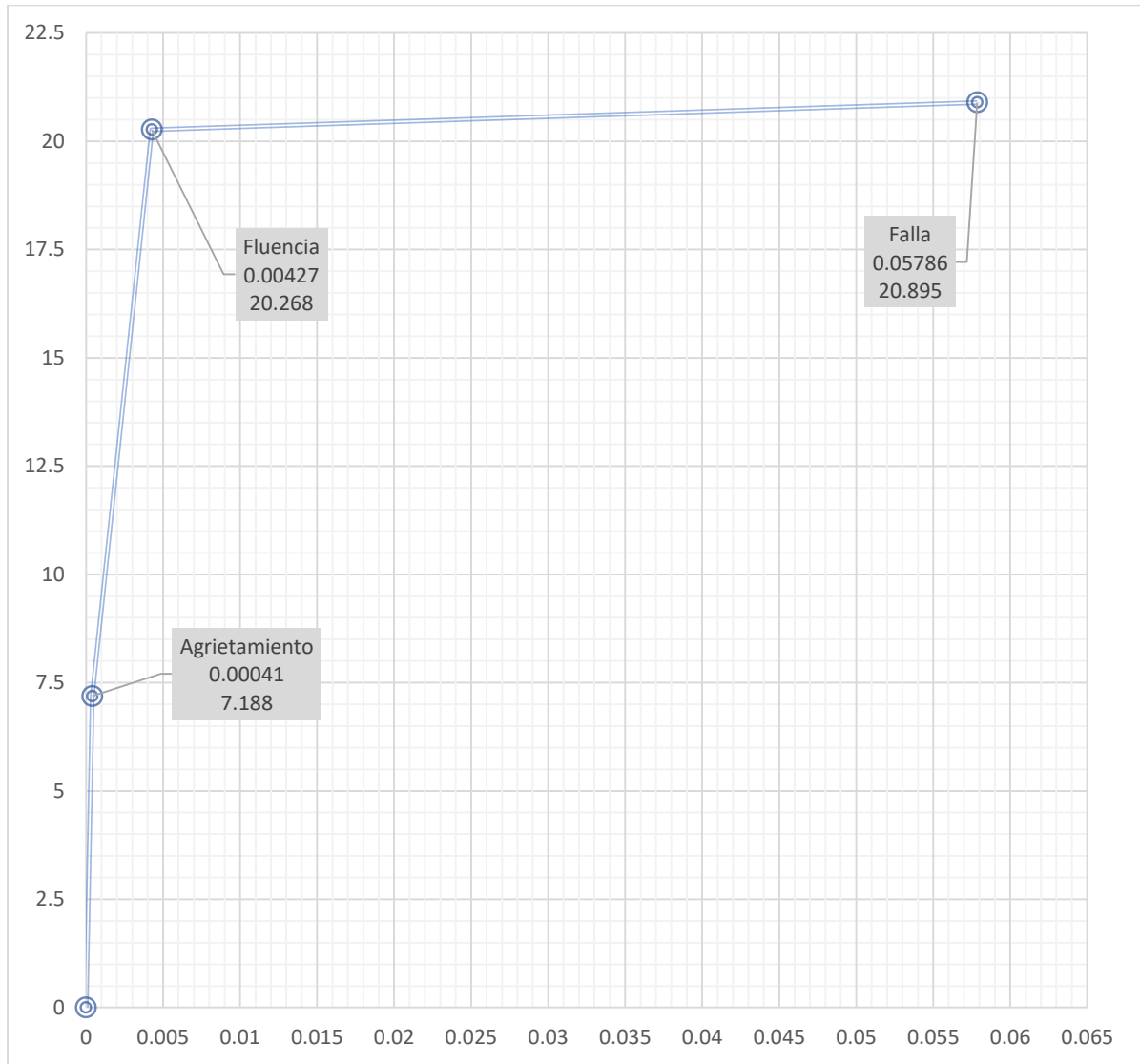


Figura 8: Desempeño de la capacidad portante de la viga V301/tramo 1

Para el cual se puede determinar la ductilidad de la sección:

$$\mu = \frac{\varphi_{Falla}}{\varphi_{Fluencia}} = 13.549 \quad (51)$$

El proceso se repitió para todos los elementos estructurales sometidos a flexión en la estructura estudiada, para lo cual se obtuvo los siguientes valores:

Tabla 12: Ductilidades de los elementos sometidos a flexión en la estructura en estudio.

| | | Ductilidades | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|--------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | | TRAMO 1 | | | TRAMO 2 | | | TRAMO 3 | | | TRAMO 4 | | |
| | | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final |
| SOTANO | VA-1 | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | | | |
| | V01 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | | | | | | |
| | V02 | 6.27 | 9.756 | 6.27 | 11.351 | 11.351 | 11.351 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.055 | 13.091 | 12.055 | 5.317 | 5.317 | 5.317 | | | | | | |
| | V03 | 10.549 | 10.549 | 10.85 | 10.85 | 10.549 | 11.085 | 9.502 | 8.596 | 9.502 | 11.085 | 10.549 | 11.085 |
| | INVERTIDA | 10.549 | 10.549 | 8.596 | 8.596 | 10.549 | 7.027 | 7.638 | 10.85 | 7.638 | 7.045 | 10.549 | 7.027 |
| | VA-3 | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | VA-6 | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| 1ER PISO | VA-1 | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.336 | 10.336 | 10.336 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | | | |
| | V101 | 12.664 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | | | | | | |
| | V102 | 6.27 | 9.756 | 6.27 | 11.351 | 11.351 | 11.351 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.055 | 13.091 | 12.055 | 5.295 | 5.295 | 5.295 | | | | | | |
| | V103 | 13.549 | 7.521 | 7.521 | 7.521 | 5.552 | 6.933 | 11.351 | 11.351 | 11.351 | | | |
| | INVERTIDA | 13.549 | 12.215 | 12.215 | 12.215 | 15.983 | 13.268 | 5.317 | 5.317 | 5.317 | | | |
| | V104 | 10.336 | 10.336 | 10.336 | 11.277 | 11.277 | 11.277 | 11.277 | 11.277 | 11.277 | | | |
| | INVERTIDA | 10.336 | 10.336 | 10.336 | 5.856 | 5.856 | 5.856 | 5.856 | 5.856 | 5.856 | | | |
| | V105 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | | | |
| | INVERTIDA | 4.274 | 4.191 | 4.191 | 4.191 | 4.191 | 4.191 | 4.191 | 4.191 | 4.191 | | | |
| 2DO PISO | VA-1 | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 3ER PISO | INVERTIDA | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | |
| | VS-1 | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | |
| | V201 | 12.664 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | 12.741 | | | | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | 5.165 | | | | |
| | V202 | 6.27 | 9.756 | 6.27 | 11.351 | 11.351 | 11.351 | | | | |
| | INVERTIDA | 12.055 | 13.091 | 12.055 | 5.295 | 5.295 | 5.295 | | | | |
| | V203 | 13.549 | 7.521 | 7.521 | 7.521 | 5.552 | 6.933 | 11.351 | 11.351 | 11.351 | |
| | INVERTIDA | 13.549 | 12.215 | 12.215 | 12.215 | 15.983 | 13.268 | 5.317 | 5.317 | 5.317 | |
| | V204 | 10.336 | 10.336 | 10.658 | 6.942 | 6.222 | 7.545 | 10.658 | 10.658 | 10.658 | |
| | INVERTIDA | 10.336 | 10.336 | 8.459 | 10.909 | 12.708 | 9.37 | 8.459 | 8.459 | 8.459 | |
| | V205 | 12.664 | 12.664 | 12.759 | 9.388 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | |
| | INVERTIDA | 12.664 | 12.664 | 4.728 | 6.198 | 4.274 | 4.274 | 4.274 | 4.274 | 4.274 | |
| | V206 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | | | | |
| | INVERTIDA | 9.103 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | 9.103 | | | | |
| | 3ER PISO | VA-1 | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | |
| | | INVERTIDA | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | |
| VA-2 | | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | |
| INVERTIDA | | 11.768 | 11.768 | 11.768 | | | | | | | |
| VS-1 | | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | |
| INVERTIDA | | 12.664 | 12.664 | 12.664 | | | | | | | |
| V301 | | 12.664 | 12.664 | 7.195 | 7.195 | 7.195 | 7.195 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | |
| INVERTIDA | | 12.664 | 12.664 | 7.195 | 7.195 | 7.195 | 7.195 | 4.274 | 4.274 | 4.274 | |
| V302 | | 13.549 | 13.549 | 13.549 | 6.852 | 6.852 | 8.376 | 14.674 | 14.674 | 14.674 | |
| INVERTIDA | | 13.549 | 13.549 | 13.549 | 15.563 | 15.563 | 12.646 | 9.836 | 9.836 | 9.836 | |
| V304 | | 12.664 | 12.664 | 8.636 | 6.202 | 8.049 | 8.049 | 9.992 | 9.992 | 9.992 | |
| INVERTIDA | | 12.664 | 12.664 | 8.636 | 9.388 | 5.255 | 5.255 | 4.274 | 4.274 | 4.274 | |
| V305 | | 9.644 | 9.644 | 9.644 | 5.372 | 5.372 | 5.908 | 9.049 | 9.049 | 9.049 | |
| INVERTIDA | 5.372 | 5.372 | 5.372 | 9.644 | 9.644 | 8.539 | 7.317 | 7.317 | 7.317 | | |

De esta manera se puede conocer los puntos de la estructura los cuales son más dúctiles y a cuales podría reforzarse.

Por ejemplo, en la viga V203, presenta un descenso en orden de casi 100% en el primer tramo en la transición de su zona inicial a su zona media, lo cual implicaría concentraciones de esfuerzos. Así mismo otro ejemplo sería la viga v103, la cual es muy dúctil en su tramo inicial mientras que en su segundo tramo su ductilidad se reduce en casi 80%.

4.2. MOMENTOS DE AGRIETAMIENTO, FLUENCIA Y FALLA DE LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN

Antes de analizar los respectivos momentos para cada tipo de sección es importante tener en cuenta los parámetros a los cuales obedecen:

-Momento de agrietamiento

El concreto en la zona inferior comienza a agrietarse, debido a que el esfuerzo a tracción en dicha zona es igual a su esfuerzo de agrietamiento, mientras que el acero de refuerzo inferior a tracción aún no ha alcanzado su límite de fluencia.

-Momento de fluencia

El acero de refuerzo inferior a tracción ha alcanzado su límite de fluencia, mientras que el acero de refuerzo superior a compresión no lo ha hecho (Comportamiento elasto-plástico). El concreto no ha alcanzado su límite de falla (Comportamiento lineal elástico).

-Momento de falla

El concreto ha alcanzado su límite de falla. El acero de refuerzo inferior ya ha fluido y el acero de refuerzo superior a compresión no, lo cual indica que el colapso está en proceso.

Dichos parámetros nos permiten analizar el comportamiento del concreto y su refuerzo, para así mismo entender su desempeño y poder considerar estos datos como parámetros de daño comparativos para un análisis tiempo historia, mediante la metodología del IDA.

Tabla 13: Momentos de Agrietamiento en la estructura en estudio.

| | | Momentos Agrietamiento (tnf*m) | | | | | | | | | | | |
|--------|-----------|--------------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | | TRAMO 1 | | | TRAMO 2 | | | TRAMO 3 | | | TRAMO 4 | | |
| | | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final |
| SOTANO | VA-1 | 3.385 | 3.385 | 3.385 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.385 | 3.385 | 3.385 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | | | | |
| | V01 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | | | | | | |
| | V02 | 7.219 | 6.404 | 7.219 | 3.503 | 3.503 | 3.503 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.844 | 6.268 | 6.844 | 3.734 | 3.734 | 3.734 | | | | | | |
| | V03 | 3.367 | 3.367 | 3.408 | 3.408 | 3.367 | 3.448 | 3.558 | 3.474 | 3.558 | 3.448 | 3.367 | 3.448 |
| | INVERTIDA | 3.367 | 3.367 | 3.474 | 3.474 | 3.367 | 3.581 | 3.625 | 3.408 | 3.625 | 3.581 | 3.367 | 3.581 |
| | VA-3 | 2.256 | 2.256 | 2.256 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 2.256 | 2.256 | 2.256 | | | | | | | | | |
| | VA-6 | 2.256 | 2.256 | 2.256 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 2.256 | 2.256 | 2.256 | | | | | | | | | |
| 1ER PISO | VA-1 | 3.385 | 3.385 | 3.385 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.385 | 3.385 | 3.385 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | | | | |
| | V101 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | | | | | | |
| | V102 | 7.219 | 6.404 | 7.219 | 3.503 | 3.503 | 3.503 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.844 | 6.268 | 6.844 | 3.734 | 3.734 | 3.734 | | | | | | |
| | V103 | 7.188 | 8.397 | 8.397 | 8.397 | 8.186 | 8.341 | 3.503 | 3.503 | 3.503 | | | |
| | INVERTIDA | 7.188 | 8.087 | 8.087 | 8.087 | 7.569 | 7.931 | 3.734 | 3.734 | 3.734 | | | |
| | V104 | 3.385 | 3.385 | 3.385 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | | | |
| | INVERTIDA | 3.385 | 3.385 | 3.385 | 3.693 | 3.693 | 3.693 | 3.693 | 3.693 | 3.693 | | | |
| | V105 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | | | |
| INVERTIDA | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | | | | |
| 2DO PISO | VA-1 | 3.385 | 3.385 | 3.385 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.385 | 3.385 | 3.385 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | | | | |
| | V201 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | 3.389 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | 3.646 | | | | | | |
| | V202 | 7.219 | 6.404 | 7.219 | 3.503 | 3.503 | 3.503 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.844 | 6.268 | 6.844 | 3.734 | 3.734 | 3.734 | | | | | | |
| | V203 | 7.188 | 8.406 | 8.406 | 8.406 | 8.186 | 8.341 | 3.503 | 3.503 | 3.503 | | | |
| | INVERTIDA | 7.188 | 8.09 | 8.09 | 8.09 | 7.569 | 7.931 | 3.734 | 3.734 | 3.734 | | | |
| | V204 | 3.385 | 3.385 | 3.426 | 3.599 | 3.553 | 3.643 | 3.426 | 3.426 | 3.426 | | | |
| | INVERTIDA | 3.385 | 3.385 | 3.492 | 3.466 | 3.356 | 3.576 | 3.492 | 3.492 | 3.492 | | | |
| | V205 | 3.235 | 3.235 | 3.405 | 3.662 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | 3.747 | | | |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.692 | 3.799 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | 4.047 | | | |
| | V206 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3ER PISO | INVERTIDA | 3.517 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | 3.517 | | | |
| | VA-1 | 3.235 | 3.385 | 3.235 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.385 | 3.235 | | | | | | |
| | VA-2 | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 4.145 | 4.145 | 4.145 | | | | | | |
| | VS-1 | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.235 | | | | | | |
| | V301 | 3.235 | 3.235 | 3.883 | 3.883 | 3.883 | 3.883 | 3.747 | 3.747 | 3.747 |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.883 | 3.883 | 3.883 | 3.883 | 4.047 | 4.047 | 4.047 |
| | V302 | 7.188 | 7.188 | 7.188 | 7.938 | 7.938 | 8.088 | 7.328 | 7.328 | 7.328 |
| | INVERTIDA | 7.188 | 7.188 | 7.188 | 7.48 | 7.48 | 7.838 | 7.536 | 7.536 | 7.536 |
| | V304 | 3.235 | 3.235 | 3.583 | 3.799 | 3.972 | 3.972 | 3.747 | 3.747 | 3.747 |
| | INVERTIDA | 3.235 | 3.235 | 3.583 | 3.662 | 4.136 | 4.136 | 4.047 | 4.047 | 4.047 |
| | V305 | 3.696 | 3.696 | 3.696 | 3.893 | 3.893 | 3.937 | 3.623 | 3.623 | 3.623 |
| INVERTIDA | 3.893 | 3.893 | 3.893 | 3.696 | 3.696 | 3.807 | 3.691 | 3.691 | 3.691 | |

Tabla 14: Momentos de Fluencia en la estructura en estudio.

| | | Momentos Fluencia (tnf*m) | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|--------|--------------|--------------|--------|--------------|---------|--------------|--------|--------------|-------|--------------|
| | | TRAMO 1 | | | TRAMO 2 | | | TRAMO 3 | | | TRAMO 4 | | |
| | | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final |
| SOTANO | VA-1 | 9.375 | 9.375 | 9.375 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.375 | 9.375 | 9.375 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | V01 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 17.876 | 17.876 | 17.876 | 17.876 | 17.876 | 17.876 | | | | | | |
| | V02 | 42.141 | 24.48 | 42.141 | 9.026 | 9.026 | 9.026 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 27.082 | 18.588 | 27.082 | 19.207 | 19.207 | 19.207 | | | | | | |
| | V03 | 9.01 | 9.01 | 9.017 | 9.017 | 9.01 | 9.021 | 12.053 | 12.019 | 12.053 | 9.021 | 9.01 | 9.021 |
| | INVERTIDA | 9.01 | 9.01 | 12.019 | 12.019 | 9.01 | 15.398 | 15.022 | 9.017 | 15.022 | 15.398 | 9.01 | 15.398 |
| | VA-3 | 6.251 | 6.251 | 6.251 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.251 | 6.251 | 6.251 | | | | | | | | | |
| | VA-6 | 6.251 | 6.251 | 6.251 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.251 | 6.251 | 6.251 | | | | | | | | | |
| 1ER PISO | VA-1 | 9.375 | 9.375 | 9.375 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.375 | 9.375 | 9.375 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | V101 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2DO PISO | INVERTIDA | 17.876 | 17.876 | 17.876 | 17.876 | 17.876 | 17.876 | | | | | | | | | |
| | V102 | 42.141 | 24.48 | 42.141 | 9.026 | 9.026 | 9.026 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 27.082 | 18.588 | 27.082 | 19.207 | 19.207 | 19.207 | | | | | | | | | |
| | V103 | 20.268 | 45.986 | 45.986 | 45.986 | 45.784 | 46.09 | 9.026 | 9.026 | 9.026 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 20.268 | 34.532 | 34.532 | 34.532 | 20.435 | 29.619 | 19.207 | 19.207 | 19.207 | | | | | | |
| | V104 | 9.375 | 9.375 | 9.375 | 9.392 | 9.392 | 9.392 | 9.392 | 9.392 | 9.392 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.375 | 9.375 | 9.375 | 17.931 | 17.931 | 17.931 | 17.931 | 17.931 | 17.931 | | | | | | |
| | V105 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | | | | | | |
| | VA-1 | 9.375 | 9.375 | 9.375 | | | | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.375 | 9.375 | 9.375 | | | | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | | | | |
| | V201 | 6.319 | 6.319 | 6.319 | | | | | | | 6.319 | 6.319 | 6.319 | | | |
| | INVERTIDA | 17.876 | 17.876 | 17.876 | | | | | | | 17.876 | 17.876 | 17.876 | | | |
| | V202 | 42.141 | 24.48 | 42.141 | | | | | | | 9.026 | 9.026 | 9.026 | | | |
| | INVERTIDA | 27.082 | 18.588 | 27.082 | | | | | | | 19.207 | 19.207 | 19.207 | | | |
| | V203 | 20.268 | 46.208 | 46.208 | 46.208 | 45.784 | 46.09 | 9.026 | 9.026 | 9.026 | | | | | | |
| INVERTIDA | 20.268 | 33.615 | 33.615 | 33.615 | 20.435 | 29.619 | 19.207 | 19.207 | 19.207 | | | | | | | |
| V204 | 9.375 | 9.375 | 9.383 | 15.349 | 15.309 | 15.383 | 9.383 | 9.383 | 9.383 | | | | | | | |
| INVERTIDA | 9.375 | 9.375 | 12.381 | 9.389 | 6.32 | 12.417 | 12.381 | 12.381 | 12.381 | | | | | | | |
| V205 | 6.323 | 6.323 | 6.318 | 13.4 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | 13.425 | | | | | | | |
| INVERTIDA | 6.323 | 6.323 | 19.152 | 19.285 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | 26.011 | | | | | | | |
| V206 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | | | | | | | | | | |
| INVERTIDA | 12.038 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | 12.038 | | | | | | | | | | |
| 3ER PISO | VA-1 | 6.323 | 9.375 | 6.323 | | | | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.323 | 9.375 | 6.323 | | | | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.577 | 10.577 | 10.577 | | | | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.323 | 6.323 | 6.323 | | | | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.323 | 6.323 | 6.323 | | | | | | | | | | | | |
| | V301 | 6.323 | 6.323 | 19.368 | | | | | | | 19.368 | 19.368 | 19.368 | 13.425 | 13.425 | 13.425 |
| | INVERTIDA | 6.323 | 6.323 | 19.368 | | | | | | | 19.368 | 19.368 | 19.368 | 26.011 | 26.011 | 26.011 |
| | V302 | 20.268 | 20.268 | 20.268 | | | | | | | 39.513 | 39.513 | 39.755 | 20.341 | 20.341 | 20.341 |
| | INVERTIDA | 20.268 | 20.268 | 20.268 | | | | | | | 20.404 | 20.404 | 29.551 | 29.271 | 29.271 | 29.271 |
| | V304 | 6.323 | 6.323 | 13.366 | | | | | | | 19.285 | 19.439 | 19.439 | 13.425 | 13.425 | 13.425 |
| | INVERTIDA | 6.323 | 6.323 | 13.366 | | | | | | | 13.4 | 26.163 | 26.163 | 26.011 | 26.011 | 26.011 |
| | V305 | 13.411 | 13.411 | 13.411 | | | | | | | 21.851 | 21.851 | 21.909 | 13.384 | 13.384 | 13.384 |
| | INVERTIDA | 21.851 | 21.851 | 21.851 | | | | | | | 13.411 | 13.411 | 16.417 | 16.34 | 16.34 | 16.34 |

Tabla 15: Momentos de Falla en la estructura en estudio.

| | | Momentos de Falla (tnf*m) | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|---------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|--------|
| | | TRAMO 1 | | | TRAMO 2 | | | TRAMO 3 | | | TRAMO 4 | | |
| | | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final | Inicio | Medio | Final |
| SOTANO | VA-1 | 9.655 | 9.655 | 9.655 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.655 | 9.655 | 9.655 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | V01 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | | | | | | |
| | V02 | 43.665 | 25.282 | 43.665 | 9.282 | 9.282 | 9.282 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 27.746 | 19.103 | 27.746 | 19.692 | 19.692 | 19.692 | | | | | | |
| | V03 | 9.285 | 9.285 | 9.284 | 9.284 | 9.285 | 9.283 | 12.361 | 12.356 | 12.361 | 9.283 | 9.285 | 9.283 |
| | INVERTIDA | 9.285 | 9.285 | 12.356 | 12.356 | 9.285 | 15.398 | 15.419 | 9.284 | 15.419 | 15.398 | 9.285 | 15.398 |
| | VA-3 | 6.437 | 6.437 | 6.437 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.437 | 6.437 | 6.437 | | | | | | | | | |
| | VA-6 | 6.437 | 6.437 | 6.437 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.437 | 6.437 | 6.437 | | | | | | | | | |
| 1ER PISO | VA-1 | 9.655 | 9.655 | 9.655 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.655 | 9.655 | 9.655 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | V101 | 6.567 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | | | | | | |
| | V102 | 43.665 | 25.282 | 43.665 | 9.282 | 9.282 | 9.282 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 27.746 | 19.103 | 27.746 | 19.692 | 19.692 | 19.692 | | | | | | |
| | V103 | 20.895 | 47.951 | 47.951 | 47.951 | 47.448 | 47.855 | 9.282 | 9.282 | 9.282 | | | |
| | INVERTIDA | 20.895 | 34.532 | 34.532 | 34.532 | 20.899 | 30.373 | 19.692 | 19.692 | 19.692 | | | |
| | V104 | 6.437 | 6.437 | 6.437 | 9.653 | 9.653 | 9.653 | 9.653 | 9.653 | 9.653 | | | |
| | INVERTIDA | 6.437 | 6.437 | 6.437 | 18.4 | 18.4 | 18.4 | 18.4 | 18.4 | 18.4 | | | |
| | V105 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | | | |
| | INVERTIDA | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | | | |
| 2DO PISO | VA-1 | 9.655 | 9.655 | 9.655 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 9.655 | 9.655 | 9.655 | | | | | | | | | |
| | VA-2 | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | | | | |
| | V201 | 6.567 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | 6.569 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | 18.304 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | V202 | 43.665 | 25.282 | 43.665 | 9.282 | 9.282 | 9.282 | | | |
| | INVERTIDA | 27.746 | 19.103 | 27.746 | 19.692 | 19.692 | 19.692 | | | |
| | V203 | 20.895 | 47.951 | 47.951 | 47.951 | 47.448 | 47.855 | | | |
| | INVERTIDA | 20.895 | 34.532 | 34.532 | 34.532 | 20.899 | 30.373 | 19.692 | 19.692 | 19.692 |
| | V204 | 9.655 | 9.655 | 9.655 | 15.765 | 15.719 | 15.786 | 9.655 | 9.655 | 9.655 |
| | INVERTIDA | 9.655 | 9.655 | 12.725 | 9.654 | 6.569 | 12.731 | 12.725 | 12.725 | 12.725 |
| | V205 | 6.567 | 6.567 | 6.569 | 13.716 | 13.712 | 13.712 | 13.712 | 13.712 | 13.712 |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 19.574 | 19.789 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 | 26.625 |
| | V206 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | | | |
| | INVERTIDA | 12.36 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | 12.36 | | | |
| 3ER PISO | VA-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | |
| | VA-2 | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 10.902 | 10.902 | 10.902 | | | | | | |
| | VS-1 | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 6.567 | | | | | | |
| | V301 | 6.567 | 6.567 | 19.84 | 19.84 | 19.84 | 19.84 | 13.717 | 13.717 | 13.717 |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 19.84 | 19.84 | 19.84 | 19.84 | 26.625 | 26.625 | 26.625 |
| | V302 | 20.895 | 20.895 | 20.895 | 40.99 | 40.99 | 41.207 | 20.899 | 20.899 | 20.899 |
| | INVERTIDA | 20.895 | 20.895 | 20.895 | 20.899 | 20.899 | 30.368 | 30.298 | 30.298 | 30.298 |
| | V304 | 6.567 | 6.567 | 13.712 | 19.789 | 19.86 | 19.86 | 13.717 | 13.717 | 13.717 |
| | INVERTIDA | 6.567 | 6.567 | 13.712 | 13.716 | 26.842 | 26.842 | 26.625 | 26.625 | 26.625 |
| | V305 | 13.717 | 13.717 | 13.717 | 22.416 | 22.416 | 22.477 | 13.715 | 13.715 | 13.715 |
| | INVERTIDA | 22.416 | 22.416 | 22.416 | 13.717 | 13.717 | 16.787 | 16.764 | 16.764 | 16.764 |

El estado invertido implica, la inversión de momentos en los elementos en función de acciones dinámicas, es por ello que se consideró, no solo armarlo según planos, sino colocar los armados en sentido opuesto, principalmente para las vigas que se encuentran en los extremos y que tienen la función de voladizos.

De esta manera, se pudo conocer los esfuerzos a los cuales puede ser sometidas las vigas de toda la estructura en estudio, los cuales serán comparados y evaluados luego del análisis con el modelo computacional, para evaluar el desempeño de estas.

5. CONCLUSIONES

- Se analizó los armados de todas las secciones de la estructura en estudio, esto con el fin de analizar si estos cumplen con los armados mínimos sugeridos por el ACI, se concluye que algunas de las secciones no obedecen a dicho requerimiento. Adicionalmente, se requeriría un análisis adicional para evaluar si dichas secciones poseen un armado superior a un tercio del acero requerido por diseño, solicitud que es considerada por el ACI como válida para armados inferiores al mínimo.
- Se obtuvo la ductilidad de todos los elementos sometidos a flexión de la estructura en investigación, datos que nos permiten apreciar los puntos de la estructura en los cuales se concentran los esfuerzos, y a los cuales se podría aplicar un reforzamiento.
- Se obtuvo los momentos de desempeño de cada sección de la estructura en investigación (tablas 13, 14,15) los cuales sirven como parámetros de daño y pueden ser comparados con cualquier análisis estructural para evaluar la capacidad portante de cada tramo, cuando la estructura sea sometida a esfuerzos adicionales debido a cargas dinámicas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Almada N, D. V, Noel Bárcena, J. A., & Enciso, M. T. (2016). Determinación y Análisis de la gráfica Momento-Curvatura de diferentes secciones de vigas de concreto reforzado. *THE FOURTEEN LACCEI INTERNATIONAL MULTICONFERENCE FOR ENGINEERING, EDUCATION AND TECHNOLOGY*, RP-28. Recuperado de <http://www.laccei.org/LACCEI2016-SanJose/RefereedPapers/RP228.pdf>
- Clemente, P., & Stefano, A. De. (2012). Seismic isolation in existing complex structures. *15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon Portugal*.
- Forni, M., Indirli, M., Martelli, A., Bettinali, F., Dusi, A., Castellano, M. G., & Dorfmann, A. (1999). State-of-the-Art on Development and Applications of Seismic Isolation and Passive Energy Dissipation in the European Union. *International Post-SMiRT Conference Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control of Vibrations of Structures*, (January 2014).
- Katsuta, N. K. and S. (2009). Seismic Isolation Retrofit for Existing Buildings in Japan. *Conference on Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures*, 2(5), 255. Recuperado de ???
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2006). NORMA TECNICA E030 DISEÑO SISMORRESISTENTE. *El Peruano*. Recuperado de <http://busquedas.elperuano.com.pe/download/url/decreto-supremo-que-modifica-la-norma-tecnica-e030-diseno-decreto-supremo-n-003-2016-vivienda-1337531-1>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2018). *NORMA TECNICA E030 DISEÑO SISMORRESISTENTE*.
- Prieto-Serrano, L. R. (2015). Método de la deformación unitaria para diseño de vigas rectangulares doblemente reforzadas. *Revista Facultad De Ingeniería*, 24(40), 31. <https://doi.org/10.19053/01211129.4024>
- Vamvatsikos, D., Jalayer, F., & Cornell, C. A. (2003). Application of incremental dynamic analysis to an RC-structure. *Proceedings of the FIB Symposium on Concrete Structures in Seismic Regions, Athens*, (Figure 1), 1-12. Recuperado de http://users.ntua.gr/divamva/docs/Conferences/vamva-cornell_prFIB2003_RCStructureIDA.pdf
- Vamvatsikos, Dimitrios, & Cornell, C. A. (2002). The incremental dynamic analysis and its application to performance-based earthquake engineering. *12th European Conference on Earthquake Engineering*, 10.
- Vamvatsikos, Dimitrios, & Fragiadakis, M. (2010). Incremental dynamic analysis for estimating seismic performance sensitivity and uncertainty. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 39(2), 141-163. <https://doi.org/10.1002/eqe.935>